

РАСЧЁТ И АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АВТОДИННОМ ГЕНЕРАТОРЕ

В.Я. Носков, К.А. Игнатков

Екатеринбург, Уральский федеральный университет, noskov@oko-ek.ru

THE CALCULATION AND ANALYSIS OF TRANSIENT PROCESSES IN THE AUTODYNE OSCILLATOR

V.Ya. Noskov, K.A. Ignatkov

Для дальнейшего анализа полученных в работе [1] уравнений (1) – (26), описывающих динамику установления автодинного отклика радиоимпульсного генератора, используем численные методы с привлечением математической программы «Mathcad» для персональных компьютеров. В данной работе рассмотрим случай неподвижного отражателя, когда в указанных выше выражениях время запаздывания τ имеет фиксированные значения.

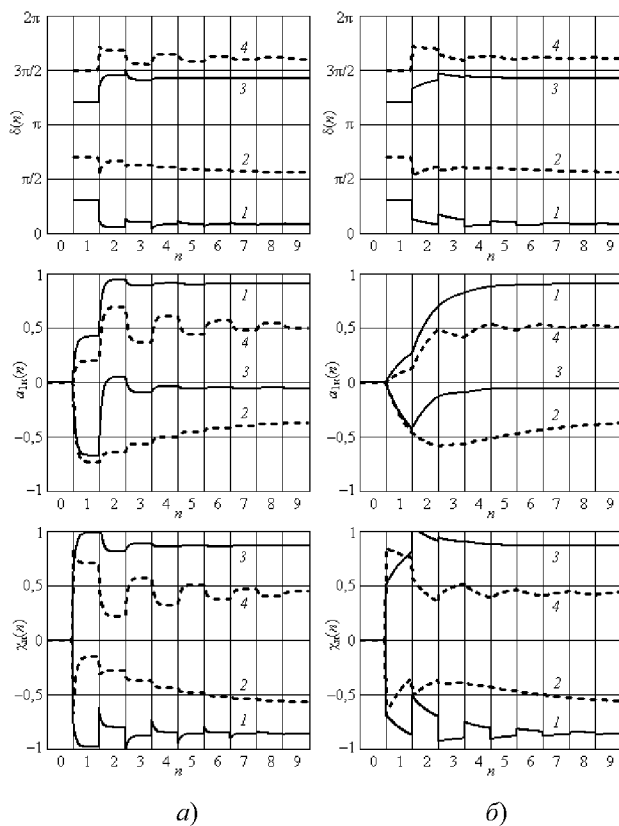


Рис. 1. Графики переходных процессов установления фазы $\delta(n)$ и нормированных относительных автодинных изменений амплитуды $a_{1n}(n)$ и частоты $\chi_n(n)$ колебаний генератора в зависимости от номера шага n , рассчитанные при $\tau_{ан} = 0,1$ (а), $\tau_{ан} = 1$ (б) и различных значениях τ_n : 1 – $\tau_n = 0,15$; 2 – $\tau_n = 0,35$; 3 – $\tau_n = 0,6$; 4 – $\tau_n = 0,75$

«зоной воздействия n -го отражения».

Из графиков рис. 1 видно, что в начале (шаг «0») автодинный отклик отсутствует $a_{1n}(t_0) = a_{1n}(0) = 0$, $\chi_n(t_0) = \chi_n(0) = 0$. Это означает, что частота генерации $\omega(t_0) = \omega(0) = \omega_0$. Поэтому на первом шаге, когда появляется отражённое излучение, фаза $\delta(t_1) = \delta(1)$ не изменяется и определяется относительным положением (неподвижного) отражателя, т.е. величиной τ_n . В соответствие с величиной этой фазы $\delta(t_1) = \delta(1)$ на данном шаге происходит первое формирование автодинного отклика, при котором появляются экспоненциально нараста-

Для данного случая на рис. 1 представлены графики установления мгновенных значений фазовой (ФХА), амплитудной (АХА) и частотной (ЧХА) характеристик автодина для различных начальных значений нормированного на период колебаний времени $\tau_n = \omega_0 \tau / 2\pi$. Эти характеристики рассчитаны при величинах параметра искажений $p_a = 0,8$ и коэффициентов $\gamma = 1$, $\rho = -0,2$, а также различных значениях нормированной постоянной времени автодинного отклика: $\tau_{ан} = 0,1$ (рис. 1 а), $\tau_{ан} = 1,0$ (рис. 1 б). Данные графики характеризуют процесс установления фазы $\delta(t_n) = \delta(n)$, а также автодинного отклика по изменению амплитуды $a_{1n}(t_n) = a_{1n}(n)$ и частоты $\chi_n(t_n) = \chi_n(n)$ колебаний. По горизонтали на графиках отложены порядковые номера n парциальных отражений (номера шагов) электромагнитного излучения после запуска генератора. Каждому n -му шагу соответствует временной интервал с протяжённостью, равной τ , границы которого находятся в промежутке времени $n\tau < t < (n+1)\tau$. Соответствующий промежуток времени с номером n в дальнейшем при необходимости будем называть также

тающие изменения амплитуды $a_{1n}(t_1) = a_{1n}(1)$ и, по более сложному закону, изменения частоты $\chi_n(t_1) = \chi_n(1)$ колебаний. Как видно из графиков $\chi_n(n)$, на собственные (скачкообразные) изменения частоты $\chi_n(1)$, вызванные воздействием отражённой волны, накладываются вследствие неизохронности генератора ($\gamma \neq 0$) дополнительные (экспоненциальные) изменения, обусловленные инерционными изменениями амплитуды колебаний $a_{1n}(1)$.

Изменения частоты на первом шаге, в свою очередь, вызывают на следующем шаге изменения фазы $\delta(t_2) = \delta(2)$, через которые в автодинной системе «генератор – отражающий объект» осуществляется некая запаздывающая «обратная связь», направленная на новые парциальные изменения амплитуды $a_{1n}(t_2) = a_{1n}(2)$ и частоты $\chi_n(t_2) = \chi_n(2)$ колебаний. Аналогичным образом происходит дальнейшее пошаговое формирование автодинного отклика в виде ступенек, когда последующие формирования $a_{1n}(n)$ и $\chi_n(n)$ зависят от предыдущих $a_{1n}(n-1)$ и $\chi_n(n-1)$. При этом общая картина полученных графиков отличается от аналогичной квазистатической картины [2], сглаженностью процессов установления амплитудных изменений $a_{1n}(n)$ на границах зон, что обусловлено их инерционностью.

Как показано в работе [2], на определённых участках значений фазы $\delta(t_n)$, где производная ЧХА $d\chi_n(t_n)/d\tau_n > 0$, в системе «генератор – отражающий объект» действует как бы положительная обратная связь, стимулирующая дальнейший рост величины автодинных изменений частоты. Поэтому на этих участках значений фазы $\delta(t_n)$, как и при квазистатическом анализе, наблюдается релаксационный процесс установления автодинного отклика (см. кривые 1, 3 и 4 на рис. 1). На участке спада ЧХА, где $d\chi_n(t_n)/d\tau_n < 0$, – действует отрицательная запаздывающая обратная связь, вызывающая «противоположные» воздействия на систему в последующем шаге. В этом случае наблюдается ступенчатый аperiodический закон установления автодинного отклика (см. кривые 2).

«Глубина обратной связи» и, соответственно, продолжительность процесса установления в целом (число n) и его характер зависят также от внутренних параметров генератора (неизохронности γ и неизодромности ρ). Так, например, у изохронного и изодромного генератора ($\gamma = \rho = 0$) графики пошаговых изменений $\delta(n)$ и $\chi_n(n)$ становятся ступенчатыми, без экспоненциальной составляющей, а продолжительность процесса установления – меньше, чем у неизохронного генератора.

Как показали результаты расчётов, основное влияние на продолжительность установления n_y автодинного отклика (требуемое число шагов n) оказывает величина параметра искажений p_a . Например, при $p_a = 0,1$ автодинный отклик достигает своего конечного состояния, когда его амплитуда и фаза в дальнейшем почти не изменяются, практически при первом же воздействии отражённого излучения ($n_y = 1$). С увеличением этого параметра число шагов n_y значительно растёт, так при $p_a = 0,8$ этот процесс завершается к 9...10 шагу, а при $p_a = 1$ – неограниченно продолжается, напоминая незатухающие колебания. При этом, как видно из сравнения графиков рис. 1 а и б, величина постоянной времени $\tau_{ан}$ оказывает, в целом, некоторое сглаживающее действие на процесс установления, слабо влияя на его продолжительность.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в соответствии с постановлением Правительства №218 от 09.04.2010г.

Литература

1. Носков В.Я., Игнатков К.А. Алгоритм расчёта переходных процессов в автодинных генераторах // (См. настоящий сборник).
2. Носков В.Я., Смольский С.М. Связь нелинейных искажений сигналов и процесса установления автодинного отклика СВЧ генераторов // Радиотехника. 2010. № 1. С. 55–66.